

# 設備保守分野でのノウハウ継承支援に向けたデジタルツイン技術の研究

(Digital Twin Thechnology for Expertise Succession on Facility Maintenance)

近年、リアル空間の環境をデジタル空間に再現するデジタルツイン技術の市場が拡大している。(株)日立ソリューションズ東日本(HSE)では、デジタルツインが北海道・東北地方の課題解決に寄与する技術であると考え、自社事業に組み込むための研究に取り組んでいる。本稿では、デジタルツイン活用の第一弾として取り組んでいる、設備保守分野でのノウハウ継承支援に関する研究を紹介する。この分野では労働人口の減少や労働地域の点在化により、熟練者からのノウハウ継承が十分に行われていない。本研究ではその解決に向けて、熟練者作業のデジタルツインからノウハウを自動で抽出する技術を研究している。その中でも他社差別化に向けて、顧客内製で導入できる技術と抽出したノウハウを言語化できる技術の二つの確立に力を入れて取り組んでいる。今後は顧客との評価改善により技術水準を高めていくとともに、農林畜産分野への導入を通して技術の適用領域を広げていく計画である。

清藤 駿成 Seito Takanari  
橋 祐一 Hashi Yuichi  
中山 隆 Nakayama Takashi

## 1. デジタルツインとは

デジタルツインとは、リアル空間の環境をデジタル空間に再現する技術(またはデジタル空間上に再現された環境そのもの)のことである<sup>1)</sup>(図1)。デジタルツインの枠組みでは、リアル空間のセンサーで収集したデータに基づいてデジタル空間にその双子(ツイン)を作り、デジタル空間でAI(Artificial Intelligence)を活用した分析から得られる知見をXR(eXtended Reality)やロボットでリアル空間にフィードバックする。これらによりデジタルツイン技術にはリアル空間とデジタル空間をシームレスに繋ぐ橋渡しとしての役割が期待されている。

従来のデジタルツインはIoT(Internet of Things)機器で収集した数値情報による再現が主流であったが<sup>2)</sup>、近年は3Dスキャナやモーションキャプチャなどの3Dセンサーの進歩により、作業場の3Dモデルや作業者の行動といった空間情報の再現が可能になってきている<sup>3)</sup>。これらの技術によってリアル空間での実作業が伴う業務のデジタルツインを作れるようになり、このデジタルツインを活用することで最終的には業務の自動化が期待されている。



図1 デジタルツインの概念図

以上から、HSEではデジタルツインがこれからの業務改善での要の技術になると考え、事業活用に向けた研究に取り組んでいる。

## 2. HSE のデジタルツイン活用戦略

デジタルツインの活用範囲は製造・土木・都市計画など幅が広い。HSEではその中でも、北海道・東北地方の事業拡大を目指していることとデジタルツインが地域課題の解決に寄与する技術であることから、北海道・東北地方の課題解決に活用する方針で研究を進めている<sup>4)</sup>。

デジタルツインと地域課題の関係性はSociety 5.0<sup>5)</sup>で解決を目指す社会課題に示されている。Society 5.0とは政府が実現を目指すリアル空間とデジタル空間を高度に融合させた社会のことであり、リアル空間とデジタル空間の橋渡しとなるデジタルツインがその基盤技術となる。そして、Society 5.0で解決を目指す社会課題（＝デジタルツインで解決が期待される課題）の一つに「地域の課題や高齢者のニーズなどに十分対応できない」ことがある。

具体的な地域課題として、特に北海道・東北地方では首都圏への人口流出が進んでいることや広大な土地を持つことから、労働人口の減少と労働地域の点在化が大きい<sup>6)</sup>。これにより、生産能力の低下、ノウハウ継承の困難化、移動の停滞、情報の遅延といった問題が生じている。これらの課題に対して、デジタルツインを活用することで、作業の自動化、熟練者作業のデジタル化、現場作業の遠隔化、情報のリアルタイム共有などを実現でき、課題解決につながることを期待されている。

### 3. 活用第一弾として取り組む課題

以上の北海道・東北地方の課題の一つとして、HSEでは設備保守分野でのノウハウ継承問題に取り組んでいる。

設備保守の対象の一つである社会インフラ設備は今後20年で建設後50年を超える設備が加速度的に増加していく見込みとなっている<sup>8)</sup>。このような状況の中、設備を管理する地方自治体の財源は年々減少しており、必要な数の設備を更新できていない。そのため、既存の設備を長く活用（長寿命化）することが求められており、不具合が起きる前に対策を行う予防保守が重要視されている。

設備を長寿命化させるために重要な活動の一つが、実業務から得られた作業ノウハウの蓄積である。長年保守を担当している熟練作業者は、過去に経験した不具合や気づきから、設備に不具合を起こさせないための工夫や不具合が起きてしまった際の対応といったノウハウを持っている。このようなノウハウは設備の使用環境によって異なってくるものであり、実機を操作している作業者にしか知りえない重要な知見である。

しかし、特に北海道・東北地方では、熟練者から新任者へのノウハウ継承を十分にできていないことが問題となっている。理由としては、労働力不足によりノウハウ継承に時間を取れないこと、労働地域の点在化により実機を使ったノウハウ継承が難しいこと、少ない作業頻度によるノウハウ継承の優先度が低いことなどが挙げられ

る。このような状況が続けば、熟練者の退職に伴いノウハウが消失し、設備を長期で活用することが難しくなる。そのため、設備保守分野ではノウハウ継承を支援する仕組みが求められている。

### 4. デジタルツインによる解決策

設備保守分野でのノウハウ継承の課題を解決するために、本研究では熟練者作業のデジタルツインからノウハウを自動で抽出する技術を研究している。設備保守は実機操作が必要な業務であり、従来の技術ではデジタル化が難しかったが、近年進歩した空間情報を再現するデジタルツインにより実現が可能となってきている。

研究技術のフレームワークを図2に示す。研究技術は大きく以下の4つの流れで構成されている。

- (1) 各種センサで熟練者作業のデータを取得
- (2) 取得データから熟練者作業のデジタルツインを構築（作業場3D形状や熟練者行動など）
- (3) 熟練者作業のデジタルツインを分析して新任者作業と異なる点をノウハウとして抽出
- (4) 抽出したノウハウをXRなどで新任者に提示

研究技術によって使用者は自身の作業を撮影するだけでノウハウを継承できるようになる。したがって、熟練者が個別に時間をかけて継承の準備をする必要がないため、労働力が不足している中でのノウハウ継承を実現できる。また、熟練者と新任者が一緒にかつ現地で継承作業をする必要なくなるため、労働地域が点在化している中でのノウハウ継承を実現できる。このように、本技術によりノウハウ継承に関する課題を解決でき、新任者へのノウハウ継承を促して設備の長寿命化に貢献できると考えている。

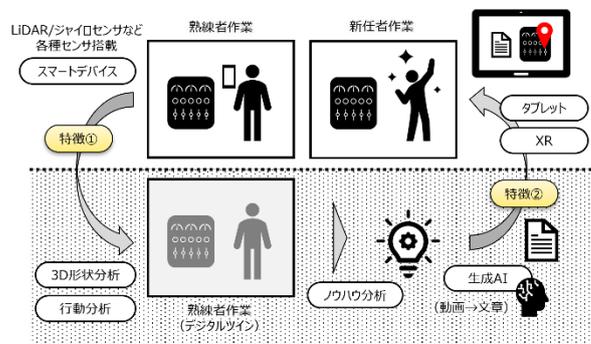


図2 ノウハウ継承技術のフレームワーク

## 5. HSE の注力技術

ノウハウ継承を支援する仕組みは他社からもすでに提供されている<sup>9)10)</sup>。HSEでは設備保守分野に対する研究を通して以下の二点の特長を持つ技術を確立して他社差別化を図る。

### 5.1 デジタルツイン構築の顧客内製化

一点目はデジタルツイン構築の顧客内製化である。

従来技術では、熟練者作業のデジタルツインを構築するために、施設ごとに多くのセンサを設置したり、作業内容を分析するためのAIを個別に作成していた。これにはデジタルツインの専門家による導入作業が必要であり、コストや導入期間の面で課題があった。

これを本研究では、専門家による導入作業を不要とし、顧客内製で導入できる技術を研究中である。具体的には、センサとして一般流通品であるスマートデバイス一台だけでデジタルツインを構築できる仕組みを検討している。また、作業内容を分析するためのAIを不要とするために、設備保守業務の特徴に基づく独自の手法を検討している。

### 5.2 抽出ノウハウの言語化

二点目は抽出ノウハウの言語化である。

従来のノウハウ抽出技術は、通常とは異なる行動を取ったときにアラートを出したり、そのような行動に相当する動画箇所を切り取ったりするなど、ノウハウの検知に留まっていた。検知されたノウハウを業務に反映させるためには、利用者による抽出した作業内容の分析と考察が必要であった。

これを本研究では、抽出したノウハウを作業者が活用しやすい文章として提示する技術を研究中である。これを実現するために、HSEが持つテキスト分析技術と、最近さまざまな分野への活用が加速している生成AIの活用も検討している。特に、生成AIの中でも動画から文章を生成する技術<sup>11)</sup>を活用して早期実現を目指している。

## 6. 具体的な活用例

HSEではノウハウ継承技術を手順書の自動更新に活用している（図3）。設備保守分野では熟練者はノウハウを具体的な作業として言語化しており、その作業は手順書に追記され、継承されていくのが理想である。しかし、労働力不足が原因となり、熟練者には手順書を更新する余裕がなく、新任者に継承されていないのが現状である。実際には、ノウハウは熟練者のローカルの手順書に手書きされていたり、熟練者の頭の中だけにある状態である。この状況を改善するために、研究技術を用いて、熟練者

の作業風景からノウハウを自動で抽出し、抽出したノウハウを手順書に反映することで自動で手順書を更新する。ここで、手順書自動更新への技術活用では、ノウハウとして以下の二点の情報を抽出する。

### 6.1 手順書に書かれていない新しい手順

一つ目は手順書に書かれていない新しい手順である。実際の顧客の業務を観察すると、作業品質を高めるための重要な手順が手順書に記載されていない場面があった。このような手順は熟練者自身は重要であると認識していないことが多いため、自発的に手順書に追加すること自体が難しく、自動で抽出することの効果が大きい。

本研究では、新しい手順に相当する行動を熟練者の作業風景から抽出し、さらには抽出したノウハウを手順として言語化し、最終的には手順書の該当箇所に挿入することで手順書を更新する。

### 6.2 設備操作箇所の位置

二つ目は手順での設備操作箇所の具体的な位置である。従来の手順書にも設備の写真は添付されているが、手順内の操作箇所が写真上にマーキングされていないことが多く、新任者が手順書だけを頼りに独力で作業することが難しかった。手順内の操作箇所は大量にあることから、人手ですべてをマーキングすることは難しい。

本研究では、熟練者の作業風景から、手順書に書かれている操作箇所が設備のどこに位置しているのかを抽出し、更新版の手順書では操作箇所にリンクを張って写真上での位置に誘導する。

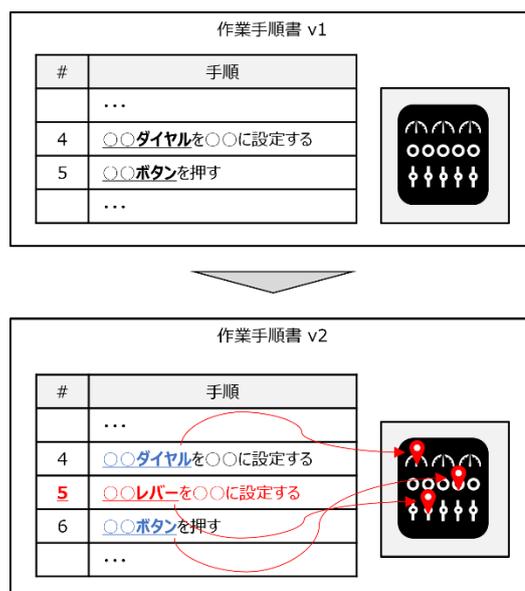


図3 ノウハウ継承技術の手順書自動更新への適用

## 7. 今後の展望

本稿で紹介した技術は現在プロトタイプを試作中であり、2024年から顧客との評価改善を通して技術水準を事業化できるレベルまで高めていく。また、2024年度からは研究技術を農林畜産分野にも適用していく計画である。農地・森林・畜舎のデジタルツインを構築し、各種業務を自動化するための技術を研究していく。このような取り組みを通して、HSE技術の適用範囲を広げ、北海道・東北地方のさらなる課題解決にも繋げていく。

今後もHSEではデジタルツインの活用を通して北海道・東北地方をはじめとした社会課題の解決に貢献していく。

### 参考文献

- 1) デジタルツインの現状に関する調査研究，総務省，  
[https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/r03\\_06\\_houkoku.pdf](https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/r03_06_houkoku.pdf)（参照：2023-12-18）
- 2) デジタルツインとは？できることやメリット・デメリットを解説，株式会社日立ソリューションズクリエイト，  
<https://www.hitachi-solutions-create.co.jp/column/iot/digital-twin.html>（参照：2023-12-18）
- 3) デジタルツインとは？，Unity Technologies，  
<https://unity.com/ja/solutions/digital-twin-definition>（参照：2023-12-18）
- 4) 山本：成長事業強化に向けた研究戦略，日立ソリューションズ東日本技報，第 28 号，pp. 4-7（2024.3）
- 5) Society 5.0，内閣府，[https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)（参照：2023-12-18）
- 6) 北海道 Society5.0 の推進について，北海道庁，  
[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/dtf/society5/society5\\_top.html](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/ss/dtf/society5/society5_top.html)（参照：2023-12-18）
- 7) 東北地域の現状と課題（データ編），東北経済産業局，  
[https://www.tohoku.meti.go.jp/kikaku/vision/pdf/22chuki\\_kon3\\_4-3.pdf](https://www.tohoku.meti.go.jp/kikaku/vision/pdf/22chuki_kon3_4-3.pdf)（参照：2023-12-18）
- 8) 社会資本の老朽化の現状と将来，国土交通省，  
[https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02\\_01.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html)（参照：2023-12-18）
- 9) 行動分析技術 Actlyzer，富士通株式会社，  
<https://www.fujitsu.com/jp/about/research/technology/actlyzer/>（参照：2023-12-18）
- 10) 作業分析ソフトウェア骨紋，三菱電機株式会社，  
<https://www.mitsubishielectric.co.jp/nwcamera/software/index.html>（参照：2023-12-18）

### 11) Google DeepMind, Gemini,

<https://deepmind.google/technologies/gemini>（参照：2023-12-18）



清藤 駿成 2017年入社  
研究開発部  
デジタルツイン技術の研究開発



橋 祐一 1992年入社  
研究開発部  
デジタルツイン技術の研究開発



中山 隆 1991年入社  
社会ビジネス推進センタ  
新事業企画・推進